

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 16 FEB 2004

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2002年12月26日 ✓

出願番号
Application Number: 特願2002-377862 ✓
[ST. 10/C]: [JP2002-377862]

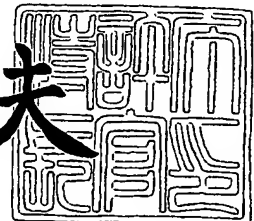
出願人
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 1月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 2002-6122Z

【提出日】 平成14年12月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 F02G 5/00

【発明者】

 【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

 【氏名】 村田 清仁

【特許出願人】

 【識別番号】 000003207

 【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100088155

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

 【識別番号】 100089978

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 塩田 辰也

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 014708

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 排熱発電装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 排気ガスの熱エネルギーを電気エネルギーに変換する熱電変換手段と、熱電変換手段の一面側に配置され、排気管を流れる排気ガスの熱エネルギーを伝導する熱交換手段と、熱電変換手段の他面側に配置され、熱電変換手段を冷却する冷却手段とを備える排熱発電装置であって、

前記熱電変換手段、前記熱交換手段及び前記冷却手段において前記冷却手段の剛性を最も高くすることを特徴とする排熱発電装置。

【請求項 2】 前記熱交換手段は、排気ガスの熱エネルギーを伝導する熱交換フィンと、一面に熱交換フィンが設けられるとともに他面に前記熱電変換手段が配置される基台とを有し、

前記排気管は、排気通路の骨格を形成する管本体を有し、

前記管本体に前記基台が取り付けられて、前記熱交換フィンが前記排気管内に位置し、前記排気管と前記熱交換手段とにより排気通路系を構成し、

前記排気通路系において前記基台の剛性を最も高くすることを特徴とする請求項 1 に記載する排熱発電装置。

【請求項 3】 前記管本体を前記熱交換手段より熱膨張率の小さい材料で形成することを特徴とする請求項 2 に記載する排熱発電装置。

【請求項 4】 前記管本体を前記排熱発電装置の中央部に配置し、前記管本体に取り付けられた前記熱交換手段の外周部に前記熱電変換手段を配置し、前記熱電変換手段の外周部に前記冷却手段を配置し、

前記冷却手段の外側に配置される弾性手段を備え、

前記弾性手段により前記冷却手段を外側から押圧して前記熱電変換手段を固定する弾性システムを構成することを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 に記載する排熱発電装置。

【請求項 5】 前記熱電変換手段は、熱電素子からなるモジュールで構成され、

前記弾性システムの 1 つのユニットを前記モジュール単位で構成することを特

徴とする請求項 4 に記載する排熱発電装置。

【請求項 6】 前記弾性手段は、ばねと、押圧部材とを有し、
前記押圧部材が前記ばねに対して点接触又は線接触することを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載する排熱発電装置。

【請求項 7】 前記熱交換手段及び前記管本体は、変形可能な形状を有し、
前記熱交換手段の変形方向と前記管本体の変形方向とが逆方向になるように構成することを特徴とする請求項 2 ～ 6 のいずれか 1 項に記載する排熱発電装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、排気ガスの熱エネルギーを電気エネルギーに変換する排熱発電装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

エンジンからの排出された排気ガスの熱エネルギーを電気エネルギーに変換することによって、排熱からエネルギーを回収する排熱発電装置が開発されている。排熱発電装置では、排気ガスが流れる排気管（高温側）と冷却部（低温側）との間に熱電変換モジュールを配置し、この高温側と低温側との温度差に応じて熱電変換モジュールの各熱電素子で発電している（特許文献 1 参照）。排熱発電装置における熱電変換効率を向上させるためには、高温側の温度を上げるとともに、高温側と低温側との温度差を大きくする必要がある。そのためには、高温側及び低温側の各部材の熱伝導性を良くするとともに、熱電変換モジュールと排気管及び冷却部とを適切な面圧力によって接触させ、熱電変換モジュールとの間における熱伝導性を良くしなければならない。

【0003】

【特許文献 1】

特開平 11-36981 号公報（図 3 ～ 図 5 等参照）

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

排熱発電装置の高温側では最高 800℃程度まで上昇するので、その温度に応じて長手方向、幅方向、厚さ方向の熱膨張が大きくなり、一方、低温側では最大でも 100℃程度までしか上昇しないので、熱膨張が小さい。そのため、熱電変換モジュールの高温側と低温側とでは、ずれが生じ、歪が発生する場合がある。その結果、熱電変換モジュールと排気管や冷却部との間に位置ずれが発生したり、あるいは、熱電素子等が変形したり、変形が激しい場合には破損したりする。さらに、その熱膨張によって熱電変換モジュールと排気管や冷却部との面接触性が悪化するので、熱電変換モジュールとの間の熱伝導性が悪くなり、熱電変換効率が低下する。特に、従来の排熱発電装置は、排気管や冷却部が取り付けられる外管が一枚ものの部材で形成されており、歪を吸収するための自由度が少ないので、歪が装置全体に広がっていた。また、冷却部が剛性の高い水冷システムで構成されている場合、ばね定数が低いので、歪を更に吸収しにくくなる。

【0005】

そこで、従来の排熱発電装置では、熱歪を抑えるために、排気管、冷却部、冷却部が取り付けられる外管等が熱膨張率の小さいステンレス鋼等の材料によって形成されている。しかし、このようなステンレス鋼等の材料は、熱伝導率が小さいため、熱抵抗が大きい。そのため、熱電変換モジュールに伝達される前に高温側や低温側の各部材において熱エネルギーを損失してしまい、熱電変換効率が低下する。

【0006】

そこで、本発明は、熱電変換効率に優れる排熱発電装置を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る排熱発電装置は、排気ガスの熱エネルギーを電気エネルギーに変換する熱電変換手段と、熱電変換手段の一面側に配置され、排気管を流れる排気ガスの熱エネルギーを伝導する熱交換手段と、熱電変換手段の他面側に配置され、熱電変換手段を冷却する冷却手段とを備える排熱発電装置であって、熱電変換手段、熱交換手段及び冷却手段において冷却手段の剛性を最も高くすることを特徴とす

る。

【0008】

この排熱発電装置では、排気管を流れる排気ガスの熱エネルギーを伝導する熱交換手段と冷却手段との間に熱電変換手段を配置して熱エネルギーが移動する系を構成しており、その熱エネルギーが移動する系において冷却手段の剛性を最も高くする。このように構成することによって、熱エネルギーが移動する系において冷却手段が基準となり、冷却手段から熱電変換手段に適切な面圧力を作用させることができ、冷却手段と熱電変換手段との面当たりが均一化し、冷却手段と熱電変換手段との間の面接触性が良くなる。そのため、熱電変換手段との間での熱エネルギーの伝達が良くなり、熱電変換効率が向上する。

【0009】

本発明の上記排熱発電装置では、熱交換手段は、排気ガスの熱エネルギーを伝導する熱交換フィンと、一面に熱交換フィンが設けられるとともに他面に熱電変換手段が配置される基台とを有し、排気管は、排気通路の骨格を形成する管本体を有し、管本体に基台が取り付けられて、熱交換フィンが排気管内に位置し、排気管と熱交換手段とにより排気通路系を構成し、排気通路系において基台の剛性を最も高くするように構成してもよい。

【0010】

この排熱発電装置では、熱交換手段が熱交換フィンと熱電変換手段が配置される基台を有しており、排気管が排気通路の骨格を形成する管本体を有している。そして、排熱発電装置では、管本体に熱交換手段の基台を取り付けて排気通路系を構成しており、排気通路系において熱交換手段の基台の剛性を最も高くする。このように構成することによって、熱交換手段から熱電変換手段に適切な面圧力を作用させることができ、熱交換手段と熱電変換手段との面当たりが均一化し、熱交換手段と熱電変換手段との間の面接触性が良くなる。そのため、熱電変換手段との間での熱エネルギーの伝達が良くなり、熱電変換効率が向上する。

【0011】

本発明の上記排熱発電装置では、管本体を熱交換手段より熱膨張率の小さい材料で形成するように構成してもよい。

【0012】

この排熱発電装置では、熱エネルギーが移動する系に含まれない管本体を熱交換手段より熱膨張率の小さい材料（ステンレス鋼等）で形成する。このように構成することによって、管本体は排気ガスの熱の影響によって膨張しにくいので、装置全体としての歪を抑えることができる。また、排熱発電装置では、熱エネルギーが移動する系（熱交換手段、冷却手段等）をアルミニウム等の熱膨張率が大きいが、熱伝導率も大きい材料で形成することができ、この系における熱抵抗を小さくでき、熱電変換効率が向上する。

【0013】

本発明の上記排熱発電装置では、管本体を排熱発電装置の中央部に配置し、管本体に取り付けられた熱交換手段の外周部に熱電変換手段を配置し、熱電変換手段の外周部に冷却手段を配置し、冷却手段の外側に配置される弾性手段を備え、弾性手段により冷却手段を外側から押圧して熱電変換手段を固定する弾性システムを構成してもよい。

【0014】

この排熱発電装置では、管本体を装置の中央部に配置し、その管本体に取り付けられている熱交換手段と冷却手段との間に熱電変換手段を配置する。そして、排熱発電装置では、弾性手段によって外側から冷却手段に押圧し、熱交換手段と冷却手段との間に熱電変換手段を固定する弾性システムを構成する。この弾性システムでは、弾性手段の作用により、小さいばね定数で熱電変換手段を熱交換手段と冷却手段との間に押えつけるとともに熱交換手段及び冷却手段から適切な面圧力を熱電変換手段に加えることによって熱電変換手段を固定する。そのため、熱電変換モジュールの高温側（熱交換手段）と低温側（冷却手段）との間で歪が発生しても、小さいばね定数によって歪を吸収することができる。

【0015】

本発明の上記排熱発電装置では、熱電変換手段は、熱電素子からなるモジュールで構成され、弾性システムの1つのユニットをモジュール単位で構成してもよい。

【0016】

この排熱発電装置では、熱電変換手段が複数の熱電素子からなるモジュールで構成されており、弾性システムの1つのユニットを熱電変換手段のモジュール単位で構成する。したがって、排熱発電装置としては、管本体に長手方向や周方向に沿って配置された複数のユニットの弾性システムで構成されることになる。このように構成することによって、1つのユニットの弾性システムにおいて熱による歪が発生しても、他のユニットから独立しているので、他のユニットに対して歪が広がっていかない。したがって、各ユニットが発生した歪は、累積されない。

【0017】

本発明の上記排熱発電装置では、弾性手段は、ばねと、押圧部材とを有し、押圧部材がばねに対して点接触又は線接触するように構成してもよい。

【0018】

この排熱発電装置では、熱により歪等が発生して弾性手段による冷却手段への押圧箇所が位置ずれしても、弾性手段においてばねと押圧部材とが点接触又は線接触しているので、弾性手段から冷却手段に（ひいては、冷却手段から熱電変換手段に）面圧力を均一に与えることができる。そのため、冷却手段と熱電変換手段との面当たりが均一化し、冷却手段と熱電変換手段との間の面接触性が良くなる。

【0019】

本発明の上記排熱発電装置では、熱交換手段及び管本体は、変形可能な形状を有し、熱交換手段の変形方向と管本体の変形方向とが逆方向になるように構成してもよい。

【0020】

この排熱発電装置では、熱交換部材の変形方向と管本体の変形方向とが逆方向になるように構成することによって、2つの逆方向の変形力が相殺されて、排気通路系における変形を抑制することができる。そのため、熱の影響によって熱交換フィン等が変形（膨張）しても、弾性システム（ひいては、装置全体）としての歪を抑えることができる。

【0021】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明に係る排熱発電装置の実施の形態を説明する。

【0022】

本実施の形態では、本発明に係る排熱発電装置を、自動車に搭載され、ガソリンエンジンからの排気ガスの熱エネルギーを電気エネルギーに変換する排熱発電装置に適用する。本実施の形態に係る排熱発電装置は、排気管が周方向に4分割構造であり、周方向に4個の排熱発電ユニットが構成され、長手方向にも4個の排熱発電ユニットが構成され、合計16個の排熱発電ユニットを有している。

【0023】

図1～図6を参照して、排熱発電装置1の全体構成について説明する。図1は、排熱発電装置の斜視図である。図2は、図1の排熱発電装置の正面図である。図3は、図1の排熱発電装置の側面図（上流側）である。図4は、図3の側面図におけるA-A線に沿った断面図である。図5は、図2の正面図におけるB-B線に沿った断面図である。図6は、図2の正面図におけるC-C線に沿った断面図である。

【0024】

排熱発電装置1は、ガソリンエンジン（図示せず）のエキゾーストマニホールドに繋がる排気系の任意の箇所（例えば、エキゾーストマニホールドの直近、排気浄化触媒の上流側、マフラの上流側等）に配設される。排熱発電装置1は、排気管の周方向に沿って4分割構造とし、16個の排熱発電ユニット2，・・・を有している。排熱発電装置1には、周方向に沿って4個の排熱発電ユニット2，2，2，2が配置され（図3参照）、長手方向に沿って4個の排熱発電ユニット2A，2B，2C，2Dが配置される（図2参照）。排熱発電装置1では、各排熱発電ユニット2，・・・で排気ガスの熱エネルギーを電気エネルギーに変換し、その電気エネルギーをDC/DCコンバータ（図示せず）等を介してバッテリー（図示せず）に充電する。

【0025】

排熱発電装置1には、最上流部に上流側の排気管（図示せず）と接続する排気導入管3が配設され、最下流部に下流側の排気管（図示せず）と接続する排気排

出管 4 が配設される。排気導入管 3 と排気排出管 4 との間には、4 個の分割排気管本体 5, 5, 5, 5 が溶接等によって接続される。分割排気管本体 5, 5, 5, 5 は、排熱発電装置 1 の中央部に 90° 毎に配置され (図 5 等参照)、4 つの分割排気通路 CW, CW, CW, CW の骨格を形成している。なお、本実施の形態では、分割排気管本体 5, 5, 5, 5 が特許請求の範囲に記載する管本体に相当する。

【0026】

図 7 も参照して、分割排気管本体 5 について説明する。図 7 は、分割排気管本体であり、(a) が側面図であり、(b) が長手方向の一部を示す平面図である。

【0027】

分割排気管本体 5 は、主要部が薄板状であり、ステンレス鋼で形成される。分割排気管本体 5 は、図 7 (a) に示すように、側面視して等脚台形状である。この等脚台形状では、平行な長辺部 5 a と短辺部 5 b を結ぶ 2 つの側辺部 5 c, 5 c と長辺部 5 a とのなす角が 45° である。また、分割排気管本体 5 は、等脚台形状の長辺部 5 a をなす外板 5 d には、長手方向に沿って 4 つの開口部 5 e, . . . が形成されている (図 7 (a) には 2 つの開口部 5 e, 5 e のみ示している)。開口部 5 e は、略正方形であり、熱交換部材 12 の熱交換フィン 12 b が挿入される (図 10 参照)。また、外板 5 d には、開口部 5 e の外周に沿って熱交換部材 12 をボルトで締結して取り付けするためのボルト孔 5 f, . . . が形成されており、他の箇所より肉厚に形成されている。ボルト孔 5 f には、メスねじが切られている。

【0028】

各分割排気管本体 5 の側板 5 g, 5 g は、 90° をなす位置に配置された両側の分割排気管本体 5, 5 の各側板 5 g に溶接によって各々接着されている。そして、4 個の分割排気管本体 5, 5, 5, 5 は、周方向に沿って連結され、側面視して略正方形になる (図 5 等参照)。また、各分割排気管本体 5 には 4 個の熱交換部材 12, 12, 12, 12 が取り付けられ、4 つの開口部 5 e, 5 e, 5 e, 5 e が閉じることによって分割排気通路 CW が形成される。さらに、連結され

た4個の分割排気管本体5, 5, 5, 5の内板5 i, 5 i, 5 i, 5 iの両端には、その上流側に分流部材6が溶接によって接続され、その下流側に合流部材7が溶接によって接続される(図4参照)。分流部材6は、上流側になるほど細くなる四角錐状の管形状となっており、排気導入管3からの排気ガスを4つの分割排気通路CW, CW, CW, CWに分流させる。また、合流部材7は、下流側になるほど細くなる四角錐状の管形状となっており、4つの分割排気通路CW, Cw, CW, CWを流れる排気ガスを合流させる。

【0029】

分割排気管本体5は、アルミニウム等に比べて熱膨張率が小さいステンレス鋼で形成されているので、排熱発電装置1の他の部材に比べて熱に対する膨張量が少ない。また、分割排気管本体5は、薄板状に形成されているので、排熱発電装置1の他の部材(特に、熱交換部材12)に比べて剛性が小さいとともに、等脚台形状である。そのため、分割排気管本体5の変形方向は、図7(a)の矢印で示すように、側板5 g, 5 gが短壁5 i側に広がるような方向となる。また、分割排気管本体5は、冷却部8に比べて剛性が小さいので、冷却部8の熱伝達面の形状に追従して変形することができる。

【0030】

排熱発電ユニット2は、熱電変換モジュール13単位に構成され、熱電変換モジュール13の大きさを基準としてユニットを構成する各部が構成されている。排熱発電ユニット2では、熱電変換モジュール13に対して低温側及び高温側から適切な圧力(例えば、 14 kg/cm^2)を加えると同時にユニット全体をばね系により柔軟に押えつけ、熱電変換モジュール13の熱電変換効率を上げている。そして、排熱発電ユニット2は、各分割排気管本体5, 5, 5, 5の開口部5 e, 5 e, 5 e, 5 eに配置される。このように、排熱発電装置1では、上流側から下流側に4つの排熱発電ユニット2 A, 2 B, 2 C, 2 Dが配置されるが、上流でも下流でも一様の熱電変換効率を得られるように構成されている。そのために、排熱発電ユニット2は、冷却部8、熱交換部材12(12 A, 12 B, 12 C, 12 D)、熱電変換モジュール13、ばねクランプ部14を備えており、熱エネルギーが移動する系並びにばねクランプシステムを構成している。なお、

本実施の形態では、排熱発電ユニット 2 が特許請求の範囲に記載の弾性システムに相当し、冷却部 8 が特許請求の範囲に記載の冷却手段に相当し、熱交換部材 12 が特許請求の範囲に記載の熱交換手段に相当し、熱電変換モジュール 13 が特許請求の範囲に記載の熱電変換手段に相当し、ばねクランプ部 14 が特許請求の範囲に記載の弾性手段に相当し、分割排気管本体 5 と熱交換部材 12 とにより特許請求の範囲に記載する排気通路系を構成している。

【0031】

図 8 及び図 9 も参照して、冷却部 8 を説明する。図 8 は、冷却部の冷却蓋であり、(a) が平面図であり、(b) が (a) の平面図における D-D 線に沿った断面図である。図 9 は、冷却部の冷却本体であり、(a) が平面図であり、(b) が (a) の平面図における E-E 線に沿った断面図であり、(c) が (a) の平面図における F-F 線に沿った断面図である。

【0032】

冷却部 8 は、熱電変換モジュール 13 の低温端面に対して適切な圧力を加えて固定し、水冷式によりその低温端面を冷却する。また、冷却部 8 は、排熱発電ユニット 2 (特に、熱エネルギーが移動する系) のなかで最も剛性が高く、排熱発電ユニット 2 (特に、ばねクランプシステム) における熱電変換モジュール 13 を固定するための基準となっている。そのために、冷却部 8 は、冷却蓋 9、冷却本体 10 及び冷却水管 11、11 を備えている。

【0033】

冷却蓋 9 は、冷却本体 10 の蓋であり、アルミニウムで形成される。冷却蓋 9 は、幅方向が冷却本体 10 と同寸法であり、長手方向が冷却本体 10 より若干長い寸法の肉厚の板部 9a を有している。板部 9a の中央部には、押圧部材 17 を載置するために、押圧部材 17 が嵌る円形で有底の穴 9b が形成されている。また、板部 9a の穴 9b の両側には、複数枚の板ばね 16、... を両側から囲んで支持するとともに冷却水管 11、11 を設置するために、支持部 9c、9c が設けられている。支持部 9c、9c は、板ばね 16 の長手方向の長さより若干長い間隔となる位置に設けられ、その上面が複数枚の板ばね 16、... の上面より若干低くなる高さを有する。支持部 9c、9c の穴 9b 側の形状は、板ばね 1

6の両端形状に沿った形状である。支持部9c, 9cの外端側には、冷却水管11, 11を設置するために、冷却水管11, 11が嵌る取付孔9d, 9dが形成されている。さらに、支持部9c, 9cには、取付孔9d, 9dの下部の側部に繋がる冷却水孔9e, 9eが形成されている。冷却水孔9e, 9eは、冷却蓋9の底面まで貫通し、冷却本体10の冷却部10aに繋がる。また、板部9aの四隅には、冷却本体10に取り付けられた際にボルトで締結するために、孔9f, 9f, 9fが形成されている。

【0034】

冷却本体10は、冷却部9を蓋とする箱であり、アルミニウムで形成される。冷却本体10は、幅方向、長手方向共に熱電変換モジュール13より若干長い寸法を有する肉厚の箱形状であり、その箱の凹部が冷却水が流れる冷却部10aとなる。冷却部10aには、冷却水を冷やすために、冷却フィン部10bが設けられている。冷却フィン部10bの各フィンは、全て同じ高さを有し、冷却本体10に冷却蓋9が取り付けられた場合に冷却蓋9の底面に接する程度の高さである。冷却本体10の底面は、熱電変換モジュール13の低温端面と密着するために、水平面となっている。また、冷却本体10の四隅には、冷却蓋9を取り付ける際にボルトで締結するために、有底のボルト穴10c, 10c, 10c, 10cが形成されている。ボルト穴10cには、雌ねじが切られている。

【0035】

冷却部8は、冷却蓋9が冷却本体10に載せられて4本のボルト（図示せず）で締結され、さらに、冷却蓋9に2本の冷却水管11, 11が溶接等によって取り付けられて構成される。このように、冷却部8は、熱電変換モジュール13の大きさを基本として形成されているので面積が小さく、肉厚の箱形状なので、排熱発電ユニット2において最も剛性が高く、熱電変換モジュール13を固定するための基準となる。そのため、冷却部8は、熱電変換モジュール13の低温端面との面当たりが均一となり、その低温端面との熱的な接触性が非常に良い。したがって、冷却部8と熱電変換モジュール13との間では、熱伝達性が非常に良い。

【0036】

排熱発電装置1では、長手方向に4つの冷却部8, 8, 8, 8が並んでおり（

図4参照)、最上流の冷却部8の上流側の冷却水管11と最下流の冷却部8の下流側の冷却水管11とがラジエータ(図示せず)にラジエータホース(図示せず)を介して繋がるとともに、その他の冷却水管11、・・・が隣接する冷却部8、8間で繋がる。そして、各冷却部8では、ラジエータで冷やされた冷却水が冷却水管11、冷却水孔9eを通して冷却部10aに導入され、冷却フィン部10bの各フィンの間を冷却水が流れることによって冷却水を冷やして低温性を保っている。また、冷却部8は、ステンレス鋼等に比べて非常に熱伝導率が小さいアルミニウムで形成されているので、熱抵抗が小さい。そのため、冷却部8は、低温性をそれほど落とすことなく、熱電変換モジュール13に伝えることができる。

【0037】

図10も参照して、熱交換部材12について説明する。図10は、熱交換部材であり、(a)が正面図であり、(b)が側面図であり、(c)が底面図である。

【0038】

熱交換部材12は、主に、基台12a及び熱交換フィン部12bからなり、アルミニウムで形成される。基台12aは、肉厚の板状である。基台12aの中央部には、熱電変換モジュール13を載置するために、外周部より若干肉厚の載置部12cが形成されている。載置部12cは、幅方向、長手方向共に熱電変換モジュール13より若干長い寸法を有する。載置部12cの載置面は、熱電変換モジュール13の高温端面と密着するために、水平面となっている。基台12aの外周部は、熱交換部材12を分割排気管本体5に取り付けた際にその外板5dに係止するフランジ部12dとなっている。フランジ部12dには、分割排気管本体5に取り付けられた際にボルトで締結するために、孔12e、・・・が形成されている。基台12aの熱交換フィン部12b側の面には、フィン台12fが形成されている。フィン台12fは、分割排気管本体5の開口部5eに嵌合する大きさを有している。熱交換フィン部12bは、フィン台12fに設けられ、熱交換部材12が分割排気管本体5に取り付けられた場合に各フィンの高さが側板5g、5g及び内板5iに接しない程度に沿うような高さである。したがって、図

10 (a) に示すように、熱交換フィン部 12 b の全てのフィンによって、略等脚台形状が形成される。排熱発電装置 1 では長手方向に 4 つの熱交換部材 12 A, 12 B, 12 C, 12 D が並んでおり (図 4 参照)、熱交換部材 12 の熱交換フィン部 12 b のフィン間のピッチは下流ほど狭く形成されている (図 5 及び図 6 参照)。つまり、下流に位置する熱交換部材 12 ほど、熱交換フィン部 12 b のフィンの本数が増える。

【0039】

熱交換部材 12 A, 12 B, 12 C, 12 D が分割排気管本体 5 の開口部 5 e, 5 e, 5 e, 5 e に各々嵌め込まれボルト 20, . . . によって締結され、分割排気通路 CW を形成する (図 4 ~ 図 6 参照)。熱交換部材 12 の基台 12 a は、熱電変換モジュール 13 の大きさを基本として形成されているので面積が小さく、肉厚の板状なので、分割排気通路 CW を構成する分割排気管本体 5 及び熱交換部材 12 において最も剛性が高い。そのため、熱電変換モジュール 13 の高温端面との面当たりが均一となり、その高温端面との熱的な接触性が非常に良い。したがって、熱伝導部材 12 と熱電変換モジュール 13 との間では、熱伝達性が非常に良い。

【0040】

熱交換部材 12 では、排熱発電装置 1 における長手方向の位置に応じて熱交換フィン部 12 b のフィン間のピッチを変え、熱交換フィン部 12 b の表面積を変えている。というのは、下流ほど、排気ガスの温度が低下する (熱エネルギーが少なくなる)。一方、熱交換部材 12 では、下流ほどピッチを狭くして熱交換フィン部 12 b の表面積を大きくすることによって、排気ガスとの接触面積を大きくし、排気ガスの熱エネルギーの吸収量を多くしている。このように構成することによって、排熱発電装置 1 の長手方向に配置される熱交換部材 12 A, 12 B, 12 C, 12 D での熱エネルギーの吸収量が同じになるようにし、熱交換部材 12 A, 12 B, 12 C, 12 D と熱電変換モジュール 13, 13, 13, 13 との接触面における温度が一様な温度 (例えば、400℃) になるようにしている。

【0041】

また、熱交換部材 12 は、基台 12 a が肉厚で剛性が高く、かつ、熱交換フィ

ン 12b の各フィンの高さが略等脚台形になるように形成されている。そのため、熱交換部材 12 の変形方向は、図 10 (a) の矢印で示すように、熱交換フィン 12b の各フィンが基台 12a 側に広がるような方向となる。

【0042】

熱電変換モジュール 13 について説明する。熱電変換モジュール 13 は、複数の熱電素子（例えば、 Bi_2Te_3 等からなる p 型と n 型の 2 種類の半導体）（図示せず）を備えており、これらの熱電素子を電気的には直列にかつ熱的には並列に配置している。また、熱電変換モジュール 13 は、小面積の略正形状であり、平行かつ水平な高温端面と低温端面を有している。熱電変換モジュール 13 では、両端面間の温度差に応じてゼーベック効果により熱エネルギーを電気エネルギーに変換し、その電気エネルギーを 2 つの電極（図示せず）から出力する。

【0043】

図 11 ~ 図 13 も参照して、ばねクランプ部 14 について説明する。図 11 は、クランプであり、(a) が平面図であり、(b) が正面図である。図 12 は、板ばねの平面図である。図 13 は、押圧部材であり、(a) が平面図であり、(b) が (a) の平面図における G-G 線に沿った断面図である。

【0044】

ばねクランプ部 14 は、冷却部 8 の外側から所定の圧力を印加し、熱電変換モジュール 13 を冷却部 8 と熱交換部材 12 との間に固定する。この際、ばねクランプ部 14 では、数枚の板ばねによる弾性力によって、排熱発電ユニット 2 全体をしなやかに押えつけている。また、排熱発電装置 1 では、周方向に沿って 4 つのばねクランプ 14、14、14、14 が締結され、この 4 つのばねクランプ 14、14、14、14 によって装置全体を締め付けている。そのために、ばねクランプ部 14 は、クランプ 15、数枚の板ばね 16、・・・及び押圧部材 17 を備えている。なお、所定の圧力は、熱電変換モジュール 13 と冷却部 8 及び熱交換部材 12 との面圧力が適切な圧力になる程度の圧力である。

【0045】

クランプ 15 は、収納部 15a、接続部 15b、15b、締結部 15c、15c 及び側板部 15d、15d を有し、鉄で形成される。収納部 15a、接続部 1

5 b, 1 5 b 及び締結部 1 5 c, 1 5 c は一枚の板で形成され、その一枚の板の両側に板状の側板部 1 5 d, 1 5 d が立設している。収納部 1 5 a は、正面視して凹状でかつ平面視して略楕円形状である。収納部 1 5 a の中央部には、板ばね 1 6 と同形状で大きさが若干小さい開口孔 1 5 e が形成されており、この開口孔 1 5 e の外周部で板ばね 1 6 を押えつけている。収納部 1 5 a の両側には、冷却部 8 の冷却水管 1 1, 1 1 が嵌め込まれる開口孔 1 5 f, 1 5 f が形成されている。接続部 1 5 b は、収納部 1 5 a と両端の締結部 1 5 c, 1 5 c とを連結する。締結部 1 5 c は、接続部 1 5 b に対して略垂直に折れ曲がっており、隣接するクランプ 1 5 の締結部 1 5 c と底面同士が接する形状となっている。締結部 1 5 c には、ボルトが貫通する 3 つのボルト孔 1 5 g, 1 5 g, 1 5 g が形成されている。ちなみに、4 個のクランプ 1 5、1 5, 1 5, 1 5 が締結されると、その 4 個のクランプ 1 5、1 5, 1 5, 1 5 が断面視して略円形状となり、排熱発電装置 1 の最外部を被う（図 5 及び図 6 参照）。

【0 0 4 6】

板ばね 1 6 は、平面視して略楕円形状であり（図 1 2 参照）、鉄で形成される。板ばね 1 6 は、小さいばね定数を有する。ちなみに、ばねクランプ部 1 4 では、板ばね 1 6 を数枚重ねて弾性力を発生させている。

【0 0 4 7】

押圧部材 1 7 は、板ばね 1 6 と点接触するために半球状であり、鉄で形成される。押圧部材 1 7 の円形状の底面は、冷却部 8 の穴 9 b に嵌合する大きさを有する（図 8 参照）。また、押圧部材 1 7 の底面側には、その中央部には有底の穴 1 7 a が形成されている。

【0 0 4 8】

ばねクランプ部 1 4 では、冷却部 8 の冷却蓋 9 の穴 9 b に押圧部材 1 7 が嵌め込まれ、その押圧部材 1 7 の上に数枚の板ばね 1 6, . . . が載置され、板ばね 1 6, . . . 及び冷却部 8 の一部を収納部 1 5 a で被うようにクランプ 1 5 が板ばね 1 6 の上に載置される。この際、板ばね 1 6 . . . は、冷却蓋 9 の支持部 9 c, 9 c で両側から支えられており、その最上面が支持部 9 c, 9 c よりも高くなっている。さらに、ばねクランプ部 1 4 では、クランプ 1 5 の締結部 1 5 c,

15c が両側のクランプ 15, 15 の各締結部 15c, 15c に合わせられ、隣接するクランプ 15, 15 の締結部 15c, 15c がボルト 21, … 及びナット 22, … によって締結される (図 5 及び図 6 参照)。そして、周方向に沿って締結されている 4 つのばねクランプ 14, 14, 14, 14 によって、装置全体をベルトのように締め付けている。

【0049】

ばねクランプ部 14 では、板ばね 16, … 及び押圧部材 17 を介するクランプ 15 による押え付けによって、冷却部 8 (ひいては、熱電変換モジュール 13 や熱交換部材 12) に押圧部材 17 から所定の圧力を加える。この所定の圧力は、ボルト 21, … 及びナット 22, … の締め付け力によって調整することができる。ちなみに、板ばね 16 やクランプ 15 の位置がずれて、押え付けに偏りが発生しても、板ばね 16 と押圧部材 17 とは点接触しているので、押圧部材 17 から冷却部 8 に均一な圧力を加えることができる。そのため、冷却部 8 には、均一な面圧力が発生する。また、小さいばね定数の板ばね 16 を数枚重ねて弾性力を発生させているので、熱電変換モジュール 13 を柔軟に押え付けることができる。

【0050】

このように、排熱発電ユニット 2 では、排熱発電装置 1 の中央側から熱交換部材 12、熱電変換モジュール 13、冷却部 8、ばねクランプ部 14 が配置され、冷却部 8 を固定の基準としてばねクランプ 14 の押え付けによって熱電変換モジュール 13 を適切な面圧力により柔軟性豊かに固定する。そして、排気発電装置 1 では、4 つの分割排気管本体 5, 5, 5, 5 に、周方向に 4 つづつつ長手方向に 4 つづつの排熱発電ユニット 2, … を配置し、排熱発電ユニット 2, … を各々独立させている。

【0051】

図 1 ～図 6 を参照して、排熱発電装置 1 の動作について説明する。

【0052】

排熱発電装置 1 には、排気導入管 3 から排気ガスが導入され、最上流の冷却水管 11, … から冷却水が流通される。導入した排気ガスは、分流部材 6 によって

4つの分割排気通路CW, . . . に分流される。

【0053】

各分割排気通路CWでは、排気ガスが、長手方向に配置された4個の熱交換部材12A, 12B, 12C, 12Dの各熱交換フィン部12bのフィンの間を通り抜け(図10参照)、下流に流れていく。熱交換フィン部12bでは、排気ガスから熱エネルギーを吸収する。この際、下流ほど、排気ガスの熱エネルギーが奪われて排気温度が低下するが、熱交換フィン部12ではフィンピッチを狭めて排気ガスの熱エネルギーの吸収効率良くしている。そして、熱交換部材12では、その吸収した熱エネルギーを載置部12cまで伝導する(図10参照)。熱交換部材12は、熱抵抗の少ないアルミニウムで形成されているので、載置部12cに伝導するまで高温性をあまり損なわない。そして、熱交換部材12では、熱エネルギーを熱電変換モジュール13の高温端面に伝達する。この際、熱電変換モジュール13の高温端面から載置部12cの載置面には適度な面圧力が加えられている。さらに、載置部12cの載置面は、その平面性が確保されており、熱電変換モジュール13の高温端面と均一に接触している。また、上流下流に関係なく、熱交換部材12A, 12B, 12C, 12Dから同程度の熱エネルギーが伝達され、熱電変換モジュール13の高温端面の温度は同程度の温度となっている。そして、4つの分割排気通路CW, CW, CW, CWを流れた排気ガスは、合流部材7で合流し、排気発電装置1から下流の排気管に排出される。この際、排気ガスは、熱エネルギーが奪われ、温度が低下している。

【0054】

一方、冷却水は、長手方向に配置された4個の冷却部8, 8, 8, 8の各冷却部10a内の冷却フィン部10bのフィンの間を通り抜け(図9参照)、下流に流れていく。冷却フィン部10bでは、冷却水を更に冷却する。そして、冷却部8では、その冷却水による低温性を冷却本体10の底面まで伝導する。冷却部8は、熱抵抗の少ないアルミニウムで形成されているので、底面に伝導するまで低温性をあまり損なわない。そして、冷却部8では、その低温を熱電変換モジュール13の低温端面に伝達する。この際、冷却本体10の底面から熱電変換モジュール13の低温端面には適度な面圧力が加えられている。さらに、冷却本体10

の底面は、その平面性が確保されており、熱電変換モジュール 13 の低温端面と均一に接触している。そして、最下流の冷却部 8 から出た冷却水は、排気発電装置 1 から排出される。

【0055】

各熱電変換モジュール 13 では、高温端面に伝達された高温と低温端面に伝達された低温との温度差に応じて発電し、その電気エネルギーをバッテリーに充電する。この際、高温性と低温性が十分に保たれているので、温度差が大きく、発電力も大きい。つまり、熱電効変換率が高い。また、上流下流に関係なく、高温側の温度が同じ程度になるように調整されているので、下流側でも熱電変換効率が落ちない。

【0056】

ちなみに、任意の排熱発電ユニット 2 において熱の影響によって歪が発生しても、各排熱発電ユニット 2 が独立して配置されているので、排熱発電装置 1 全体に影響を及ぼさない。つまり、各排熱発電ユニット 2 で発生した歪が、累積されない。さらに、排熱発電装置 1 の骨格を形成する 4 個の分割排気管本体 5, 5, 5, 5 は熱膨張率の小さいステンレス鋼で形成されているので、装置全体における熱による膨張が小さく、変形も少ない。特に、排熱発電装置 1 では、分割排気管本体 5 の変形方向と各熱交換部材 12 の変形方向とが逆方向になるように構成しているので、高温の排気ガスで分割排気管本体 5 及び熱交換部材 12 が変形したとしても、互いの変形方向によってその変形を相殺し、排熱発電ユニット 2 としての変形を抑えることができる。

【0057】

また、各排熱発電ユニット 2 で熱によって歪が発生しても、数枚の板ばね 16, . . . の弾性力によって柔軟に押えつけているので、その歪を吸収することができる。さらに、部材間で位置ずれが発生しても、押圧部材 17 で点接触によって圧力を加えるようにしているので、冷却部 8、熱電変換モジュール 13 及び熱交換部材 12 には各接触面で一様な面圧力が加えられている。

【0058】

この排熱発電装置 1 によれば、冷却部 8 の剛性を最も大きくして排熱発電ユニ

ット2の基準とすることによって、熱電変換モジュール13に対して適切な面圧力を加えることができ、冷却部8と熱電変換モジュール13の低温端面との面接触性が良く、熱電変換モジュール13の低温端面の低温化を図ることができる。また、排熱発電装置1によれば、熱交換部材12の基台12aの剛性を高温側では最も大きくすることによって、熱電変換モジュール13に対して適切な面圧力を加えることができ、基台12aと熱電変換モジュール13の高温端面との面接触性が良く、熱電変換モジュール13の高温端面の高温化を図ることができる。さらに、排熱発電装置1によれば、排熱発電ユニット2の熱エネルギーが移動する系を熱伝導率の大きいアルミニウムで構成することによって、各部材における熱抵抗が小さくなり、熱電変換モジュール13の高温側での高温化及び低温側での低温化を図ることができる。そのため、排熱発電装置1では、各排熱発電ユニット2において熱電変換効率が非常に高い。

【0059】

また、排熱発電装置1によれば、複数の板ばね16、・・・によって外側から熱電変換モジュール13を柔軟性豊かに固定するので、熱の影響によって歪が発生してもその歪による変形を抑えることができ（ひいては、熱電素子等の破損をなくすことができ）、適切な面圧力を発生させることができる。さらに、排熱発電装置1によれば、周方向に4つのばねクランプ部14、・・・を配して装置全体をベルトのように締めるので、装置全体をしっかりと固定できるとともに柔軟性もある。また、排熱発電装置1によれば、各ばねクランプ部14において押圧部材17で点接触によって圧力を加えることができるので、常時、均一な面圧力を加えることができる。

【0060】

また、排熱発電装置1によれば、熱膨張率の小さいステンレス鋼によって装置全体の骨格となる分割排気管本体5を構成しているので、装置全体としての熱変形を抑えることができる。さらに、排熱発電装置1によれば、熱電変換モジュール13の大きさを基準として小面積単位で排熱発電ユニット2を構成し、排熱発電ユニット2を分割排気管本体5に組み付けているので、各排熱発電ユニット2において熱による歪を抑えることができ、その歪の影響を他の排熱発電ユニット

2 に広げない。また、排熱発電装置 1 によれば、分割排気管本体 5 の変形方向と熱交換部材 12 の変形方向とが逆方向になるように構成しているので、分割排気管本体 5 及び熱交換部材 12 が熱によって変形してもその変形を互いに相殺し、排熱発電ユニット 2 としての変形を抑えることができる。

【0061】

図 14 を参照して、排熱発電装置 21 を排気系に配設した一例を説明する。図 14 は、排熱発電装置をエキゾーストマニホールドの直下に配設した場合の斜視図である。

【0062】

排熱発電装置 21 は、エキゾーストマニホールド EM の排出口に直接接続しており、エキゾーストマニホールド EM の直下に配設される。排熱発電装置 21 は、排気管が 6 分割構造であり、周方向に沿って 6 個の排熱発電ユニット 22、
・ ・ ・ が構成されるとともに長手方向に沿って 2 個の排熱発電ユニット 22、22 が構成され、合計 12 個の排熱発電ユニット 22、
・ ・ ・ を有している。エキゾーストマニホールド EM の直下に配置した場合、排熱発電装置 21 には、排気系において最も高温の排気ガスが流れる。そのため、各排熱発電ユニット 22 における熱電変換モジュール（図示せず）の高温側が高温となり、熱電変換効率が向上する。

【0063】

ちなみに、従来の排熱発電装置をエキゾーストマニホールドの直下に配設した場合、高温の排気ガスにより歪が大きくなるので、その歪によって熱電素子等を変形や破損する恐れがあった。そのため、従来の排熱発電装置は、エキゾーストマニホールドの直下に配設することができなかった。しかし、排熱発電装置 21 は、その熱歪を極力抑えることができる構成となっているので、エキゾーストマニホールド EM の直下でも配設することができ、高温の排気ガスから熱エネルギーを高効率で回収することができる。

【0064】

以上、本発明に係る実施の形態について説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されることなく様々な形態で実施される。

【0065】

例えば、本実施の形態では排熱発電装置を自動車に適用したが、排気ガスを排出する内燃機関を備える他のものに適用してもよい。

【0066】

また、本実施の形態では排熱発電ユニットを16個又は12個有する排熱発電装置を構成したが、配置するスペースや形状等を考慮して、周方向や長手方向に適宜の個数の排熱発電ユニットを配置し、適宜の個数の排熱発電ユニットを有する排熱発電装置を構成してもよい。

【0067】

また、本実施の形態では下流ほど熱交換フィンのピッチが狭い熱交換部材を配置させることによって上流側から下流側までの温度が一様になるように構成したが、下流ほど熱伝導率の大きい材料によって形成した熱交換部材を配置することによって上流側から下流側までの温度が一様になるように構成してもよいし、あるいは、ピッチが異なる熱交換フィンと熱伝導率の異なる材料とを組み合わせる上流側から下流側までの温度が一様になるように構成してもよい。

【0068】

また、本実施の形態では熱エネルギーが移動する系の各部材をアルミニウムで構成し、分割排気管本体をステンレス鋼で構成したが、熱エネルギーが移動する系の各部材については熱伝導率の大きい他の材料で構成し、あるいは、分割排気管本体を熱膨張率の小さい他の材料で構成してもよい。

【0069】

また、本実施の形態では熱電変換モジュールの高温端面側に熱交換部材を配置し、低温端面側に冷却部を配置する構成としたが、その間に絶縁板等の部材を配してもよい。

【0070】

また、本実施の形態では冷却部を水冷式で構成したが、空冷式で構成してもよい。

【0071】

【発明の効果】

本発明によれば、熱による歪の影響を抑え、熱電変換効率に優れる排熱発電装置を構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施の形態に係る排熱発電装置の斜視図である。

【図 2】

図 1 の排熱発電装置の正面図である。

【図 3】

図 1 の排熱発電装置の側面図（上流側）である。

【図 4】

図 3 の側面図における A-A 線に沿った断面図である。

【図 5】

図 2 の正面図における B-B 線に沿った断面図である。

【図 6】

図 2 の正面図における C-C 線に沿った断面図である。

【図 7】

図 5 等を示す分割排気管本体であり、（a）が側面図であり、（b）が長手方向の一部を示す平面図である。

【図 8】

図 5 等を示す冷却部の冷却蓋であり、（a）が平面図であり、（b）が（a）の平面図における D-D 線に沿った断面図である。

【図 9】

図 5 等を示す冷却部の冷却本体であり、（a）が平面図であり、（b）が（a）の平面図における E-E 線に沿った断面図であり、（c）が（a）の平面図における F-F 線に沿った断面図である。

【図 10】

図 5 等を示す熱交換部材であり、（a）が正面図であり、（b）が側面図であり、（c）が底面図である。

【図 11】

図 5 等に示すクランプであり、(a) が平面図であり、(b) が正面図である。

【図 12】

図 5 等に示す板ばねの平面図である。

【図 13】

図 5 等に示す押圧部材であり、(a) が平面図であり、(b) が (a) の平面図における G-G 線に沿った断面図である。

【図 14】

本実施の形態に係る排熱発電装置をエキゾーストマニホールドの直近に配設した場合の斜視図である。

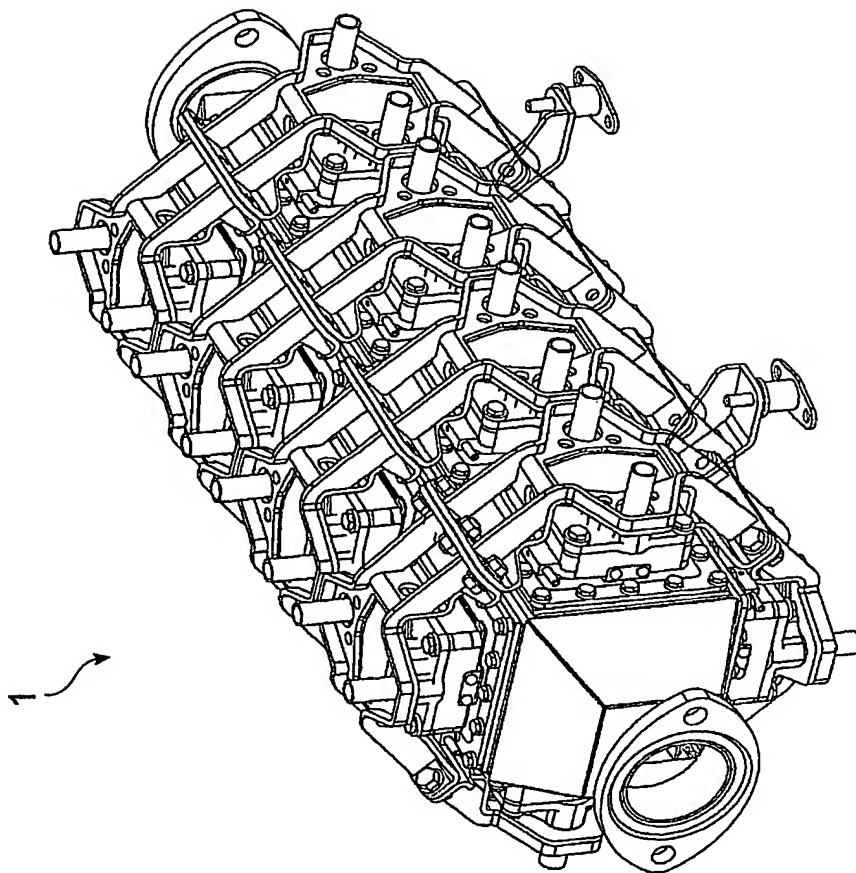
【符号の説明】

1, 21…排熱発電装置、2, 2A, 2B, 2C, 2D, 22…排熱発電ユニット、3…排気導入管、4…排気排出管、5…分割排気管本体、5a…長辺部、5b…短辺部、5c…側辺部、5d…外板、5e…開口部、5f…ボルト孔、5g…側板、5i…内板、6…分流部材、7…合流部材、8…冷却部、9…冷却蓋、9a…板部、9b…穴、9c…支持部、9d…取付孔、9e…冷却水孔、9f…ボルト孔、10…冷却本体、10a…冷却部、10b…冷却フィン部、10c…ボルト穴、11…冷却水管、12、12A, 12B, 12C, 12D…熱交換部材、12a…基台、12b…熱交換フィン部、12c…載置部、12d…フランジ部、12e…ボルト孔、12f…フィン台、13…熱電変換モジュール、14…ばねクランプ部、15…クランプ、15a…収納部、15b…接続部、15c…締結部、15d…側板部、15e…開口孔、15f…開口孔、15g…ボルト孔、16…板ばね、17…押圧部材、17a…穴

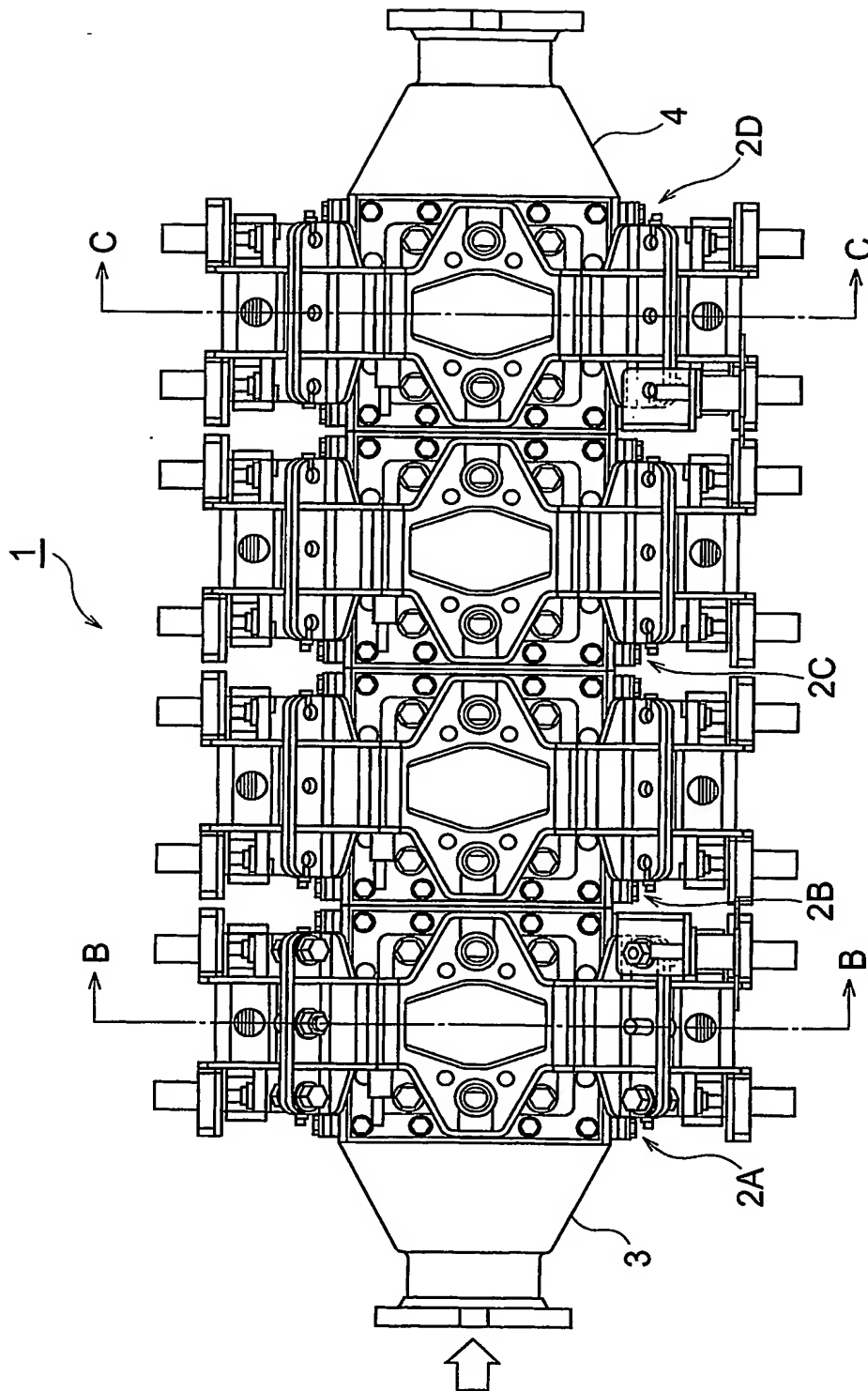
【書類名】

図面

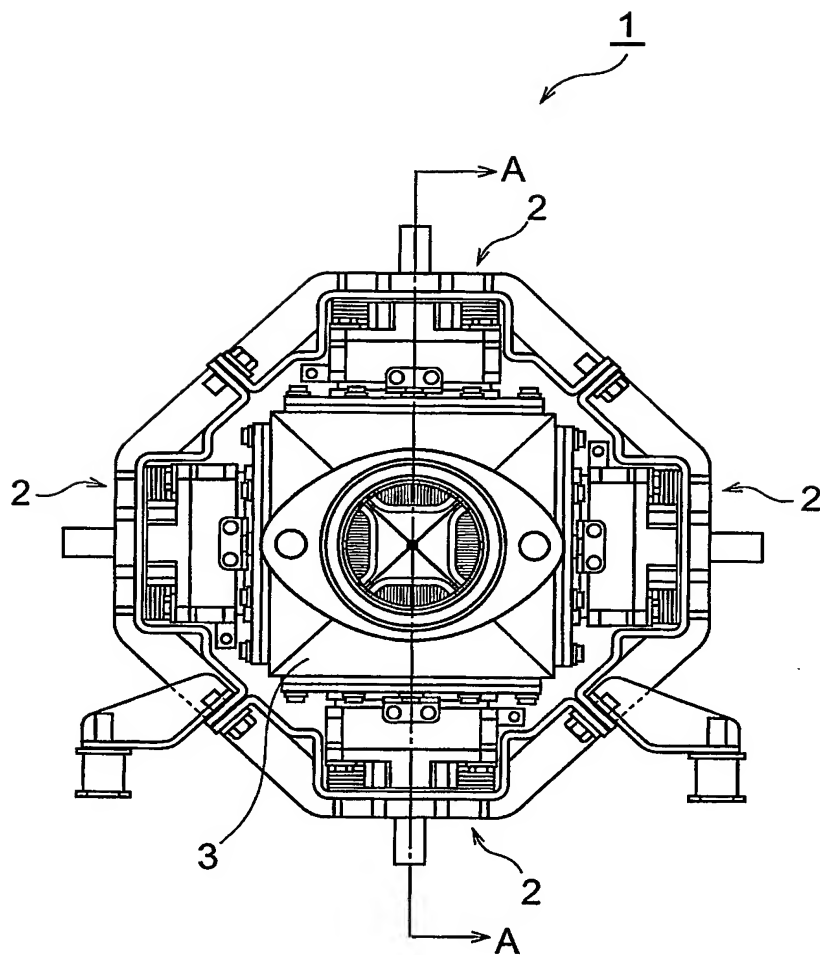
【図 1】



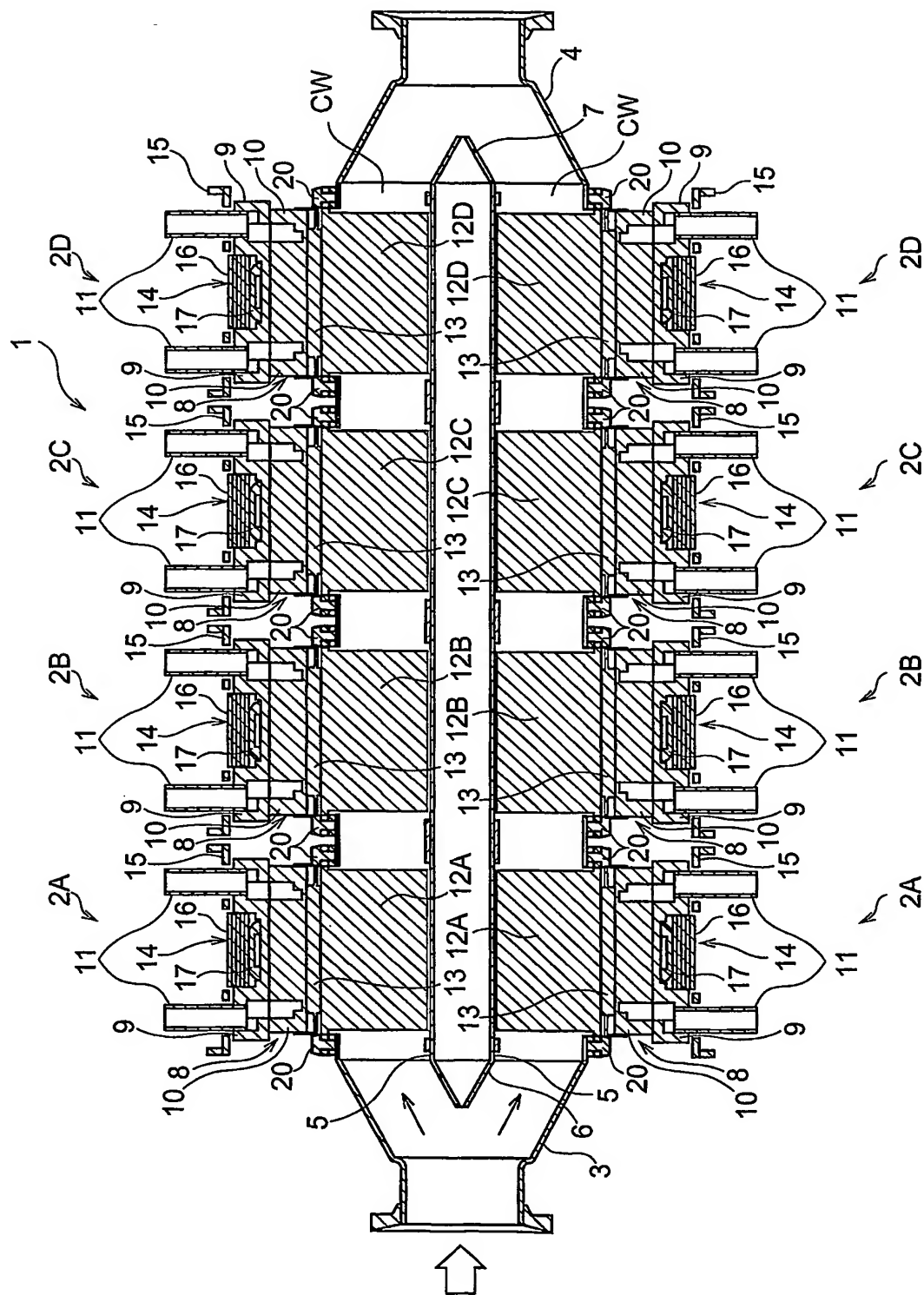
【図 2】



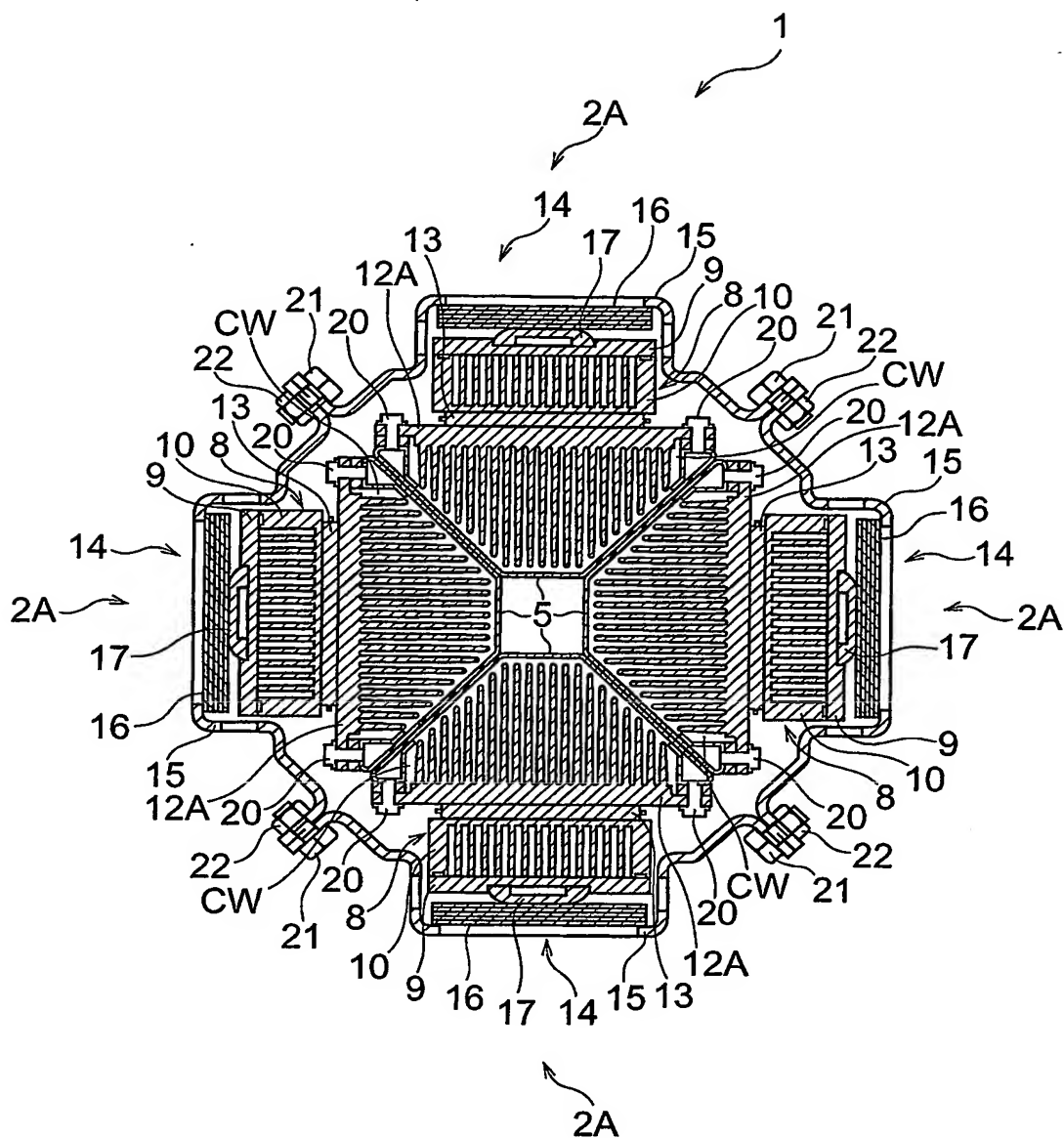
【図 3】



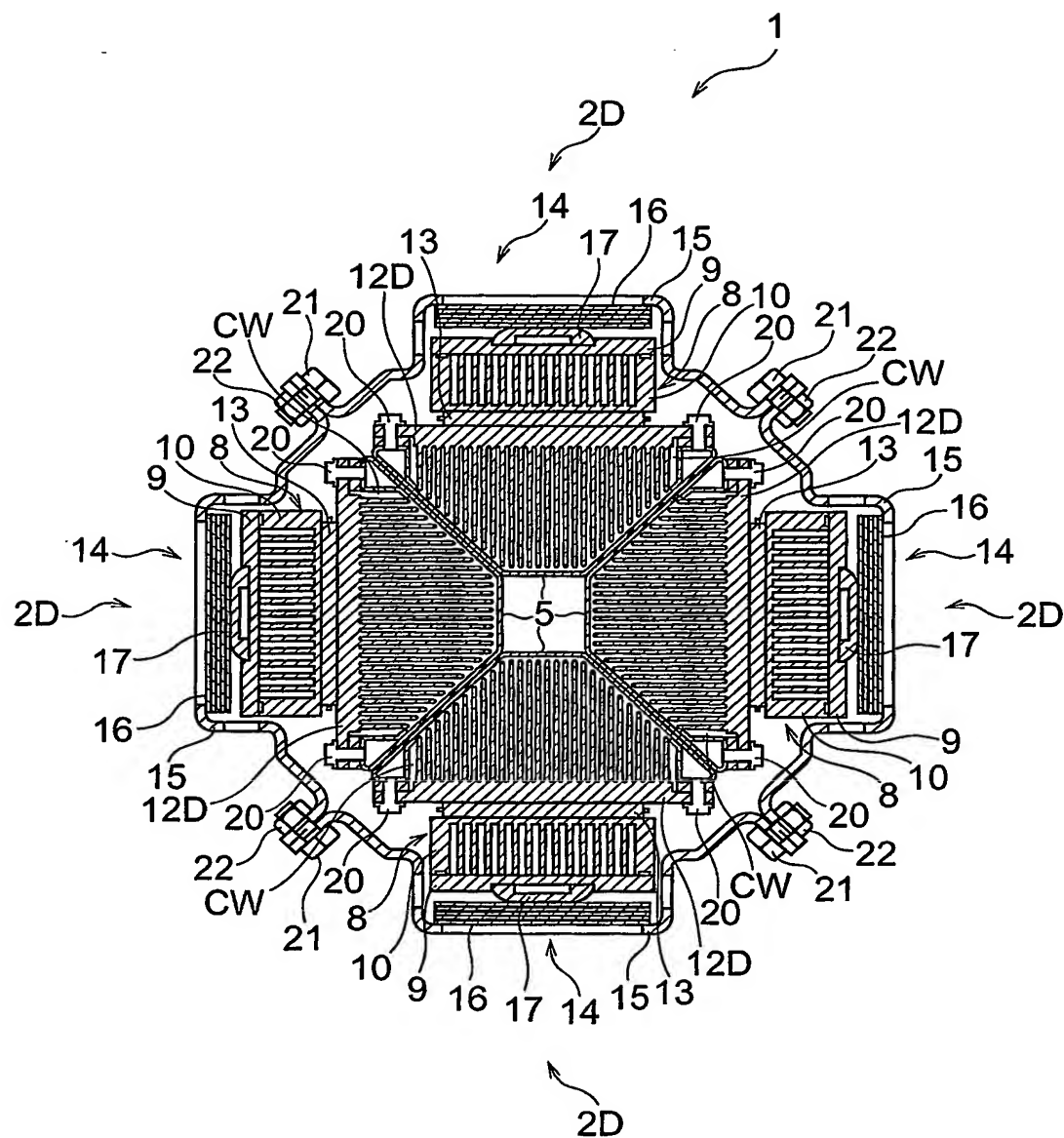
【図 4】



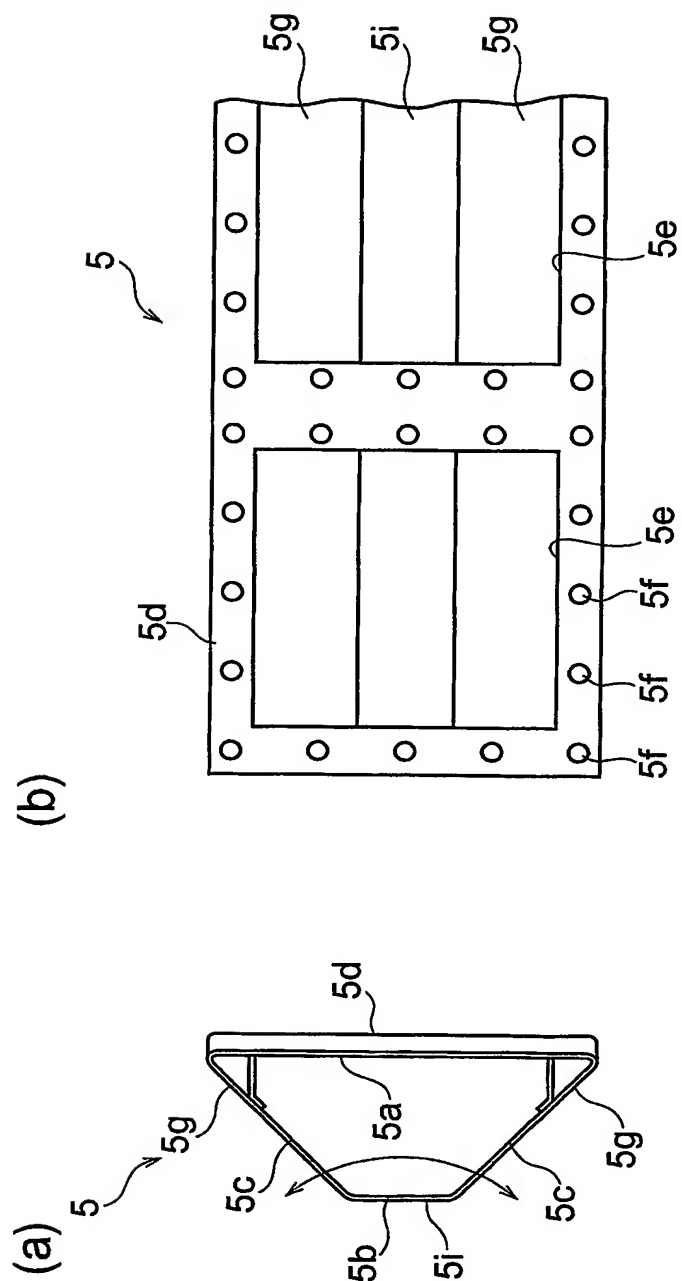
【図 5】



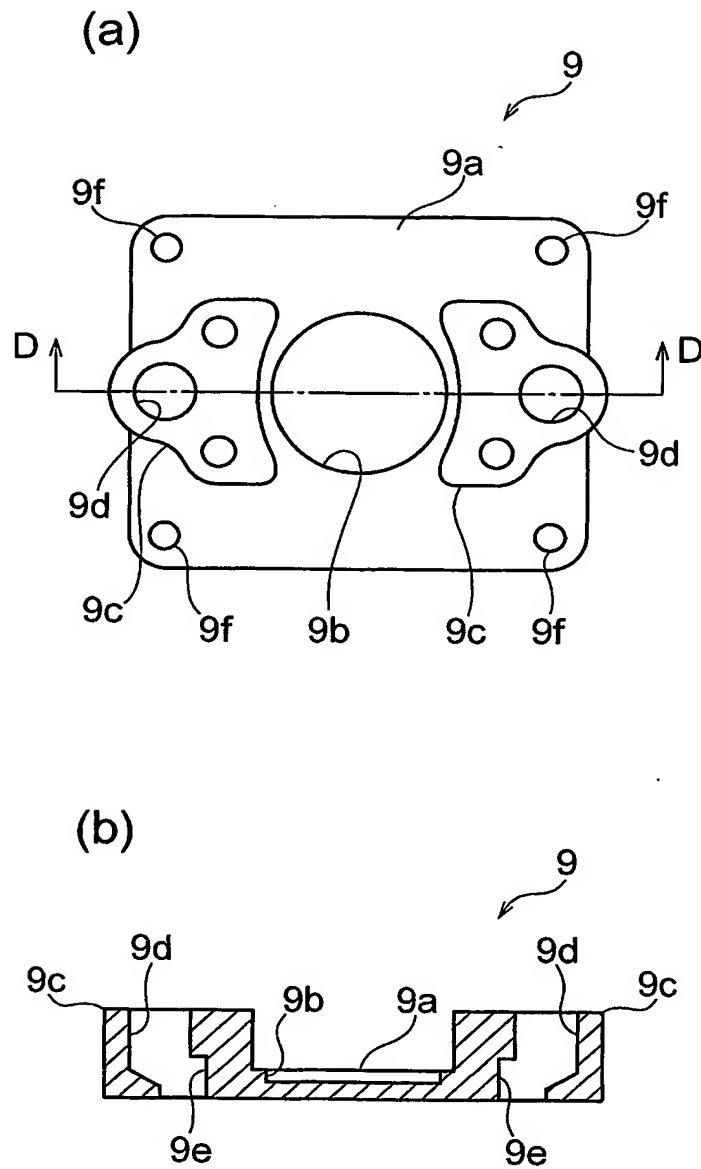
【図 6】



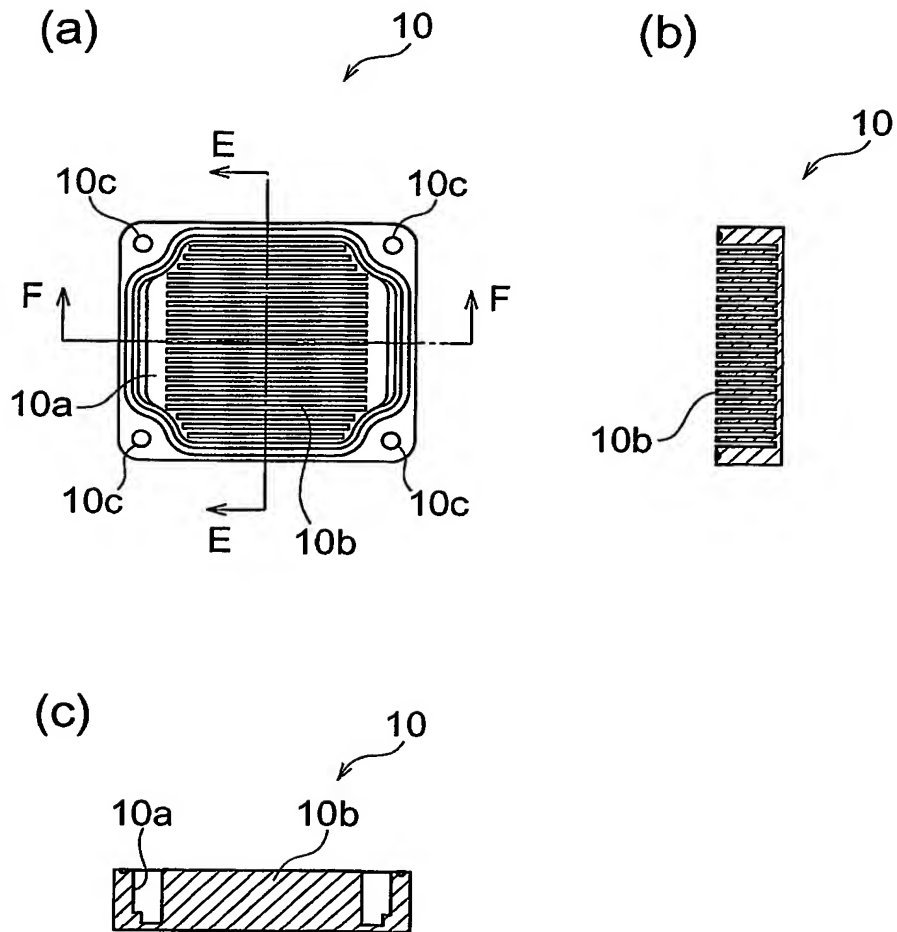
【図 7】



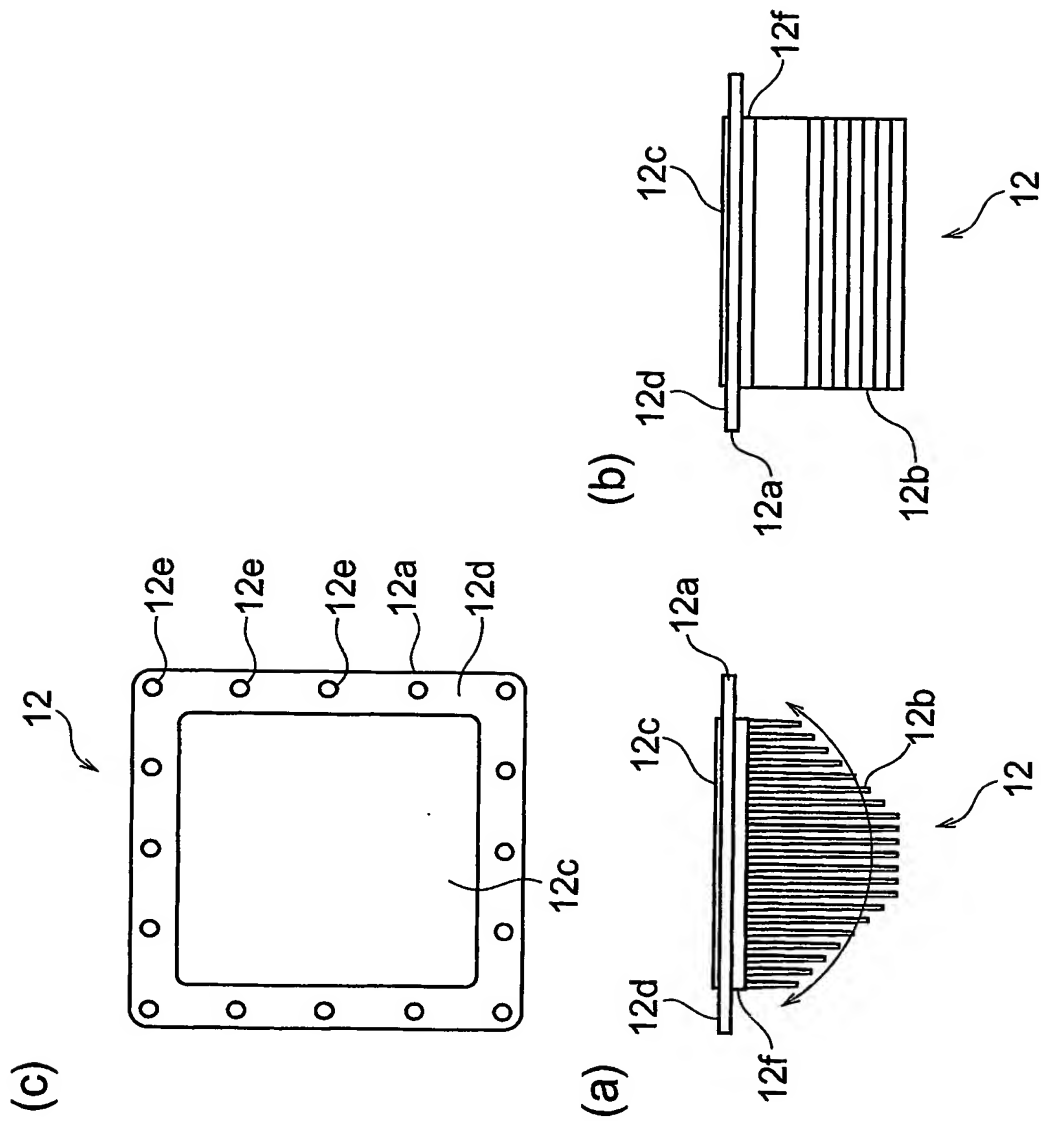
【図 8】



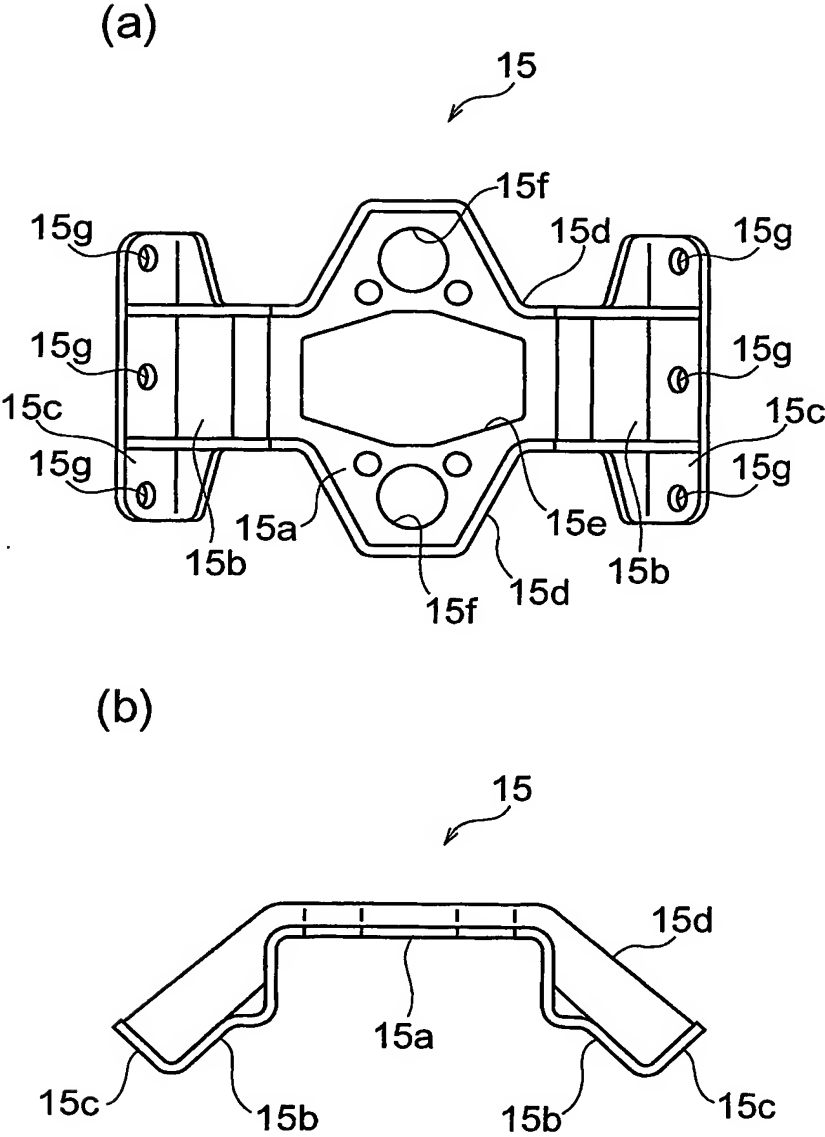
【図 9】



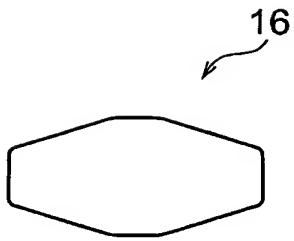
【図 10】



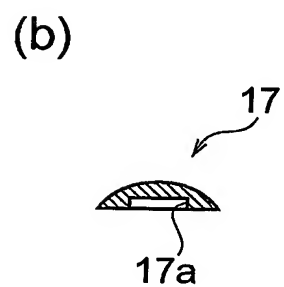
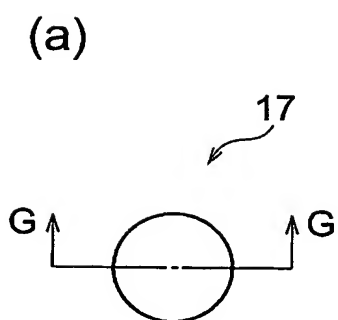
【図 11】



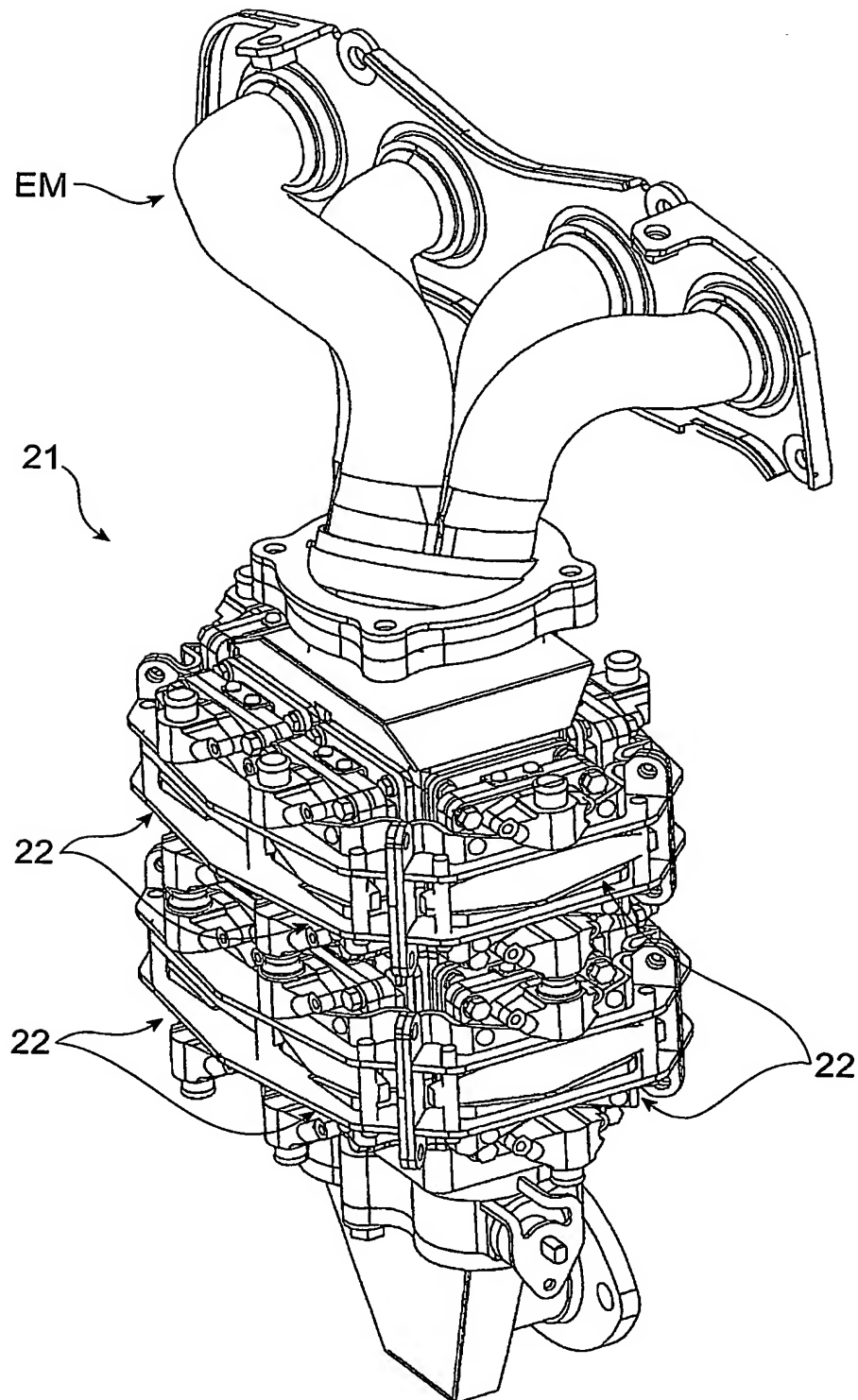
【図 12】



【図 1 3】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 熱電変換効率に優れる排熱発電装置を提供することを課題とする。

【解決手段】 排気管を流れる排気ガスの熱エネルギーを伝導する熱交換手段（熱交換部材）12A、・・・と、冷却手段（冷却部）8、・・・と、熱交換手段12と冷却手段8との間に配置され、熱交換手段12によって伝導された熱エネルギーを電気エネルギーに変換する熱電変換手段（熱電変換モジュール）13、・・・とを備える排熱発電装置1であって、熱エネルギーが移動する系において冷却手段8の剛性を最も高くし、管本体（分割排気管本体）5と熱交換手段12とからなる排気通路系において熱交換手段12の基台の剛性を最も高くし、弾性手段（ばねクランプ部）14により冷却手段8を外側から押圧して熱電変換手段13を固定することを特徴とする。

【選択図】 図4

特願 2 0 0 2 - 3 7 7 8 6 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 2 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社